

# 铅的影响 有多大?

**匹**兹堡大学儿童精神病学和儿科学教授Herbert Needleman说，多年来，母亲们不断向儿科医生诉说自己的孩子在受到有毒的铅暴露后性格发生了变化。她们发现孩子变得烦躁不安，不象原来那么听话，而且好斗。受挫折后，通常会变得很暴力。母亲们的发现已经被科学证实——现在，人们都知道，铅与认知力损害、学习障碍、以及可能使他们无法完成中学学业的种种行为有关。

如今，有些环境研究人员对铅的影响提出了更为惊人的结论，他们认为儿童受到铅等有毒物质的广泛暴露有可能是引发二十世纪美国犯罪率攀升的元凶。“也许铅暴露更为严重的后果并不是对认知力和智力的影响；而是会对社会适应能力，或者说对克制力和行事能力产生影响，”Needleman说。这些科研人员进而提出，减少胎儿、婴儿和儿童时期的持续铅暴露可预防未来的犯罪。

Needleman长期以来一直坚信儿童期铅暴露与青少年犯罪和犯罪行为倾向之间可能存在相关关系。铅中毒会导致严重行为问题的证据早在几十年前就有了。但目前Needleman和其他研究人员正在寻求更有力的证据来证明，即使较低水平的暴露也会对行为产生影响。最近十年的一系列研究发现了颇为支持Needleman观点的证据。

Needleman等人在对匹兹堡300名学生的自述或他们父母的叙述进行分析研究后，首次发现，铅水平较高的青春期男孩更倾向于参与欺凌弱小、恶意破坏、纵火、入店行窃等违法行为。此项研究结果发表在1996年2月7日出版的《美国医学协会杂志》

(*Journal of the American Medical Association*) 上。在2000年于波士顿召开的美国儿科学院和儿科学会联席会议上，Needleman所带领的研究组交流了一项他们最近完成的研究成果，该小组用X射线荧光技术对宾夕法尼亚阿勒格尼县大约350名12—18岁的青少年的骨骼铅浓度进行了测定，以确定他们的既往暴露情况。他们发现，有违法行为记录的孩子的骨骼铅浓度水平比没有违法行为记录的要高得多。Needleman在报告中称，有违法行为记录的男孩呈现高骨骼铅浓度的可能性增加两倍，在对干扰因素进行

分析调整之后，则增加4倍。

2001年，辛辛那提大学医学院环境健康和儿科学教授，发育心理学家Kim Dietrich根据辛辛那提地区195名青少年的自述报告得出了产前婴幼儿早期铅暴露与青少年犯罪之间有明显关联。此项研究追踪测定了出生前到青春期的血液铅浓度。研究结果发表

## 以往法律的过错

现在，美国儿童主要的铅暴露来源是摄入或吸入旧房子里老化的含铅油漆。铅在建筑油漆中的使用于1914年达到顶峰，于1978年被禁止使用。根据住房及城市发展部（Department of Housing and Urban Development, HUD）

二十世纪二十年代中期，通用汽车公司一名科研人员发现铅可以提高汽油燃烧效率后，铅开始被用作汽油添加剂。尽管四乙铅可能是一种廉价的辛烷（汽油）增强剂，但是由于它对神经的影响以及在环境中会无限期存在，四乙铅是一种毒性非常大的污染物。

在二十世纪七十年代末期《清洁空气法》要求淘汰含铅汽油之前，汽油中所含的铅是最大的暴露源。实际上，由于含铅汽油的使用，这一有毒物质在环境中无处不在。1976年，美国将近90%的1~5岁年龄段儿童血液铅浓度超过疾病控制和预防中心（Centers for Disease Control and Prevention, CDC）规定的 $10 \mu\text{g}/\text{dL}$ 标准。自含铅汽油被淘汰后，整个人口按年龄段统计的平均血液铅浓度均出现下降，从1976年的 $16 \mu\text{g}/\text{dL}$ 下降到1999年的 $2 \mu\text{g}/\text{dL}$ 。根据美国全国保健营养检查系统提供的数据，1990年止，美国90%的1~5岁年龄段儿童已达到疾病控制和预防中心制定的标准。

据报告指出，即使铅浓度水平低于疾病控制和预防中心规定的 $10 \mu\text{g}/\text{dL}$ 阈值，对健康仍会造成影响，包括造成智商下降以及行为异常。由辛辛那提儿童医院医疗中心Bruce Lanphear负责的研究小组在2000年美国儿科学院和儿科学会联席会议上提出，即使是 $2.5 \mu\text{g}/\text{dL}$ 的血液铅浓度，也会使阅读、数学运算、短期记忆力以及视觉能力受到损害。

发育期的铅暴露对大脑会产生各种各样的影响，包括可测得的脑结构变化。具体影响程度将取决于暴露时间和

铅水平较高的青春期男孩更倾向于参与欺凌弱小、恶意破坏、纵火、入店行窃等违法行为。

摘自Needleman的研究报告  
《美国医学协会杂志》

在2001年11/12月份的《神经毒理学和畸胎学》（*Neurotoxicology and Teratology*）上，这是首次对儿童出生前至青春期铅暴露情况进行长期跟踪的研究。

“随着铅暴露水平由低向高，血液铅浓度水平与违法次数之间呈现一种线性相关关系，”Dietrich说。有趣的是，该小组发现，这一相关性未表现出性别差异。受暴露的女孩有违法行为的可能性和男孩一样，尽管众所周知男性从事违法行为的风险因素较高。

尽管这些发现引人注意，但是对于铅暴露是否真的会造成违法行为，有的人仍然持怀疑态度。“人们对铅会引起认知能力和行为功能变化，包括好斗、冲动以及注意力不集中等的观点并无异议，”环境与公共健康政策智囊团——科学与环境健康组织（Science and Environmental Health Network）科学部主任Ted Schettler说，“但是，这些改变是否会转化成犯罪行为则是另一回事。”

提供的数据，美国有3900万个家庭的墙面采用了含铅油漆，占美国总住房的40%。住房及城市发展部估计，在这些住房中，有2500万户存在铅油漆危害隐患，其中高于1/5的住户有一个6岁以下的儿童。

1941~1986年期间含铅汽油销售量的变化与1960~1998年期间暴力犯罪率的变化相关性高达90%。

摘自Nevin的研究报告  
《环境研究》

暴露水平。但是，研究人员现在还未找出铅暴露造成违法行为的直接机制。“铅造成的危害实在太多了，很难确定具体哪个因素是最重要的，”Needleman解释说。此外，神经生理学家尚未搞清楚任何一种违法行为的神经生理学基础。有的行为学家提出一种可能性，认为铅可能会对大脑中控制攻击等行为的部分产生不利影响。例如铅会损害控制冲动的前额叶的功能，这也许是一个因素，Needleman说。

### 本性？教化？抑或兼而有之？

科研人员同意铅暴露会导致智商下降的观点。他们普遍认为，血液铅浓度每增加 $4 \mu\text{g}/\text{dL}$ ，智商就下降1。尽管有关智商与违法行为之间相关的心理学研究文献早有记录，但是，究竟铅对智商有影响，还是对社会心理功能有影响以致造成违法行为的争论依然非常激烈。争议最大的问题是，有多少行为的改变是由遗传因素造成的，又有多少是由环境因素造成的。

“铅暴露与攻击行为、冲动行为以及注意力不集中之间存在相关性的事实已非常清楚，并且会使

孩子在学校成为问题学生，Schettler解释说。尽管这些影响本身会增加触犯法律的可能，但问题学生往往会选择辍学或不上大学，使他们难以找到高收入或有趣味的工作。“如果把这些与所有其他社会因素综合起来，从某些角度看，铅与违法行为及犯罪行为之间相关联似乎也是很合理的，”Schettler说，“但谁知道这一过程是通过两个步骤、三个步骤、还是更多步骤的呢？”

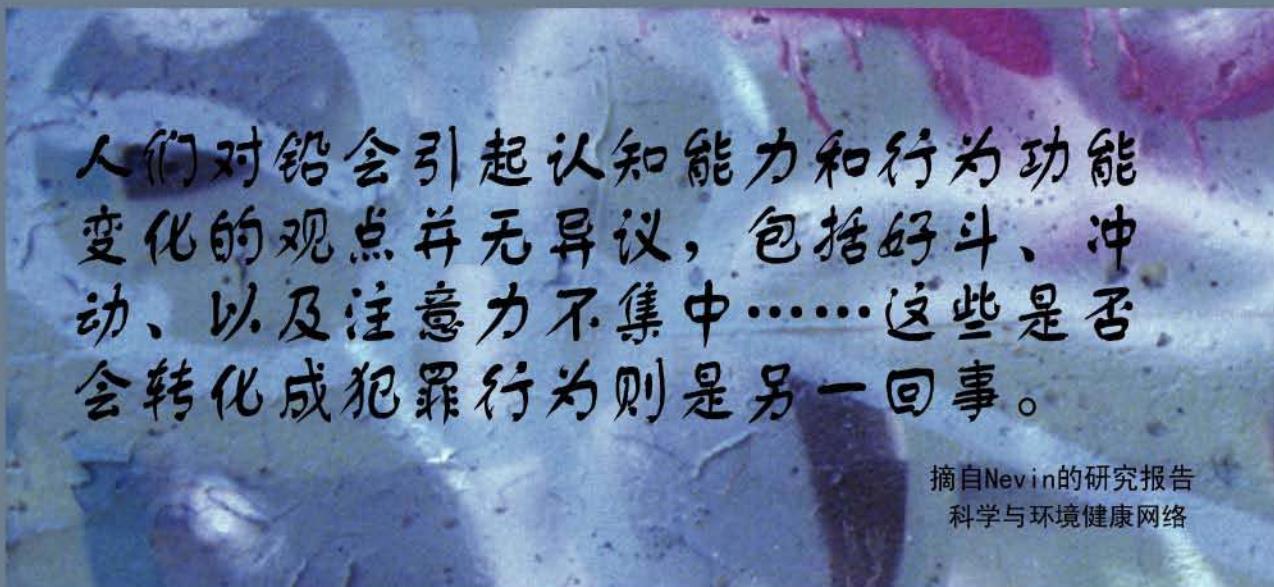
Mount Sinai医学院社区和预防医学教授Philip Landrigan指出，受到铅暴露的儿童将来也不是一定就会坐牢或违法犯罪，尽管受到铅暴露会增大这一风险。“儿童幼年时期受铅暴露对大脑造成的伤害使其在长大成人后有违法犯罪的可能性，”他说，“但是，一个儿童将来是否会真的违法犯罪还要取决于其它诸多因素，如家庭结构、学校、社区、以及儿童成长的环境。”

实际上，许多科研人员认为，铅对于犯罪行为的影响不仅和其它社会风险因素之间存在协同作用，而且与铅暴露造成的学习能力降低等其它伤害，也存在协同作用。罗彻斯特大学环境医学与儿科学教授Bernard Weiss说，例如“铅对于低收入家庭的儿童产生的影响要大得多。如果研究的是一个平均智商本来就较低的劣势人群，再加上受神经毒素，特别是会影响神经发育的毒素暴露，就会发现其效果被放大。这意味着研究人员必须考虑对其研究结果进行修正。”

Weiss说，在许多方面，科学的研究在排除干扰因素时，过分强调了某一

是Walker也承认：“我们目前拥有的流行病学研究工具还没有先进到能将我们对事物的理解推进到这一深度。也许，如果能深入到分子水平，就可能有助于我们更进一步的理解。”

目前，研究人员只是对学习能力和自我控制能力等媒介神经行为因素进行推测，这种研究方法本身也还有待完善。为了对铅损坏脑传导通路的理论以及导致反社会行为的机制进行验证，目前正在进行的一些研究采用了磁共振成像和磁共振波谱分析技术，以确定Dietrich研究组的辛辛那提受测对象的大脑功能异常区。1995年出版的世界卫生组织报告《环境健康标准165：



人们对铅会引起认知能力和行为功能变化的观点并无异议，包括好斗、冲动、以及注意力不集中……这些是否会转化成犯罪行为则是另一回事。

摘自Nevin的研究报告  
科学与环境健康网络

组的风险因素。而实际上，多种因素之间的相互作用可能会造成更严重的不利影响。“受到较高水平铅暴露的并不单是某些弱势人群，因为我们知道，少数民族儿童的血铅水平还要高，”他说。

“但是，一般来说，由于他们的社会地位和经济状况，他们还同时受到其它的风险暴露，且这些暴露可能会增加或成倍增加铅暴露或其它毒素暴露造成的健康风险。”

面对此类疑问，要证明直接的关联性还具有一定的难度。“最容易做的就是确定相关性；最困难的是从相关关系到纯粹的因果关系的证明，”霍华德大学医学院环境和职业病学教授Bailus Walker表示。然而，证明因果的标准往往被政治化。目前，还没有任何一项铅暴露研究可以证明有因果关系。也许是持怀疑态度的人将杠杠定得太高，根本就不可能证明其因果关系的存在。但

无机铅》(Environmental Health Criteria 165: Inorganic Lead)提出了一个类似的理论，早期铅暴露会降低5-羟色胺（作用于血管的一种神经递质）水平，并增强多巴胺的敏感性。此类神经递质参与介导了大脑对外部刺激的反应。

目前许多研究使用的是X射线骨骼光谱技术，有的研究人员认为其有局限性：“我们还不能通过测量骨骼铅浓度来判定研究对象的血液铅浓度及其暴露史，”Dietrich解释说。但是，许多研究还在用X射线骨骼光谱技术来反映血液铅浓度水平并作为衡量暴露的标准。这是对既往暴露史进行了解的最佳途径，Dietrich说，因为在受到铅暴露之后，铅在血液中保持1-2个月后，就会沉积到骨骼中，滞留数十年。

耶鲁大学医学院心理学临床教授Alan S. Kaufman提出，目前有的研究忽略了社会机能障碍的传代关系的因素，

如儿童父母自己是否曾经有过少年违法行为，因为这也是少年犯罪的一个影响因素。“父母的因素与儿童将来的行为问题之间具有极其重要的相关性。”Kaufman说，“这些研究忽略的有可能是一个最重要的因素。”Kaufman相信“这是一个很有价值的研究主题”，并指出“人们从为数不多的证据中已找到了其相关性，应将父母的角色作为影响因素考虑进去。”

但是，Dietrich和Needleman则坚持，最近的研究确实针对各种干扰因素进行了对照，包括父母智力状况、婴幼儿期的护理情况、以及社会经济状况等等。“我所研究的大多数青少年的父母和他们的子女居住的是同样的受到铅污染的房子，”Dietrich说，“毫无疑问，铅也影响了父母的神经发育。”

含铅汽油销售量的变化与1960—1998年期间暴力犯罪率的变化相关性高达90%。该研究发现，1879—1940年期间，童年时期因使用含铅油漆而受到铅暴露估算值的变化与1900—1960年期间凶杀犯罪率变化之间存在极大的相关性，两者基本上达到70%的对应变化，根据犯罪类型不同，从暴露到犯罪大约有18—23年的滞后期——基本上是受暴露儿童长大成人所需的时间。

“我绝对相信，自1990年以来暴力犯罪在全国范围内以令人难以置信的速度急剧下降完全是二十世纪七十年代初期开始，并在1980年以后进一步加速的儿童铅暴露急剧下降的反映，”Nevin说，“这种强有力的相关性刚刚开始得到确证……儿童年铅暴露竟能对那么大的暴力犯罪变化率作出解释，这简直太可怕了。”

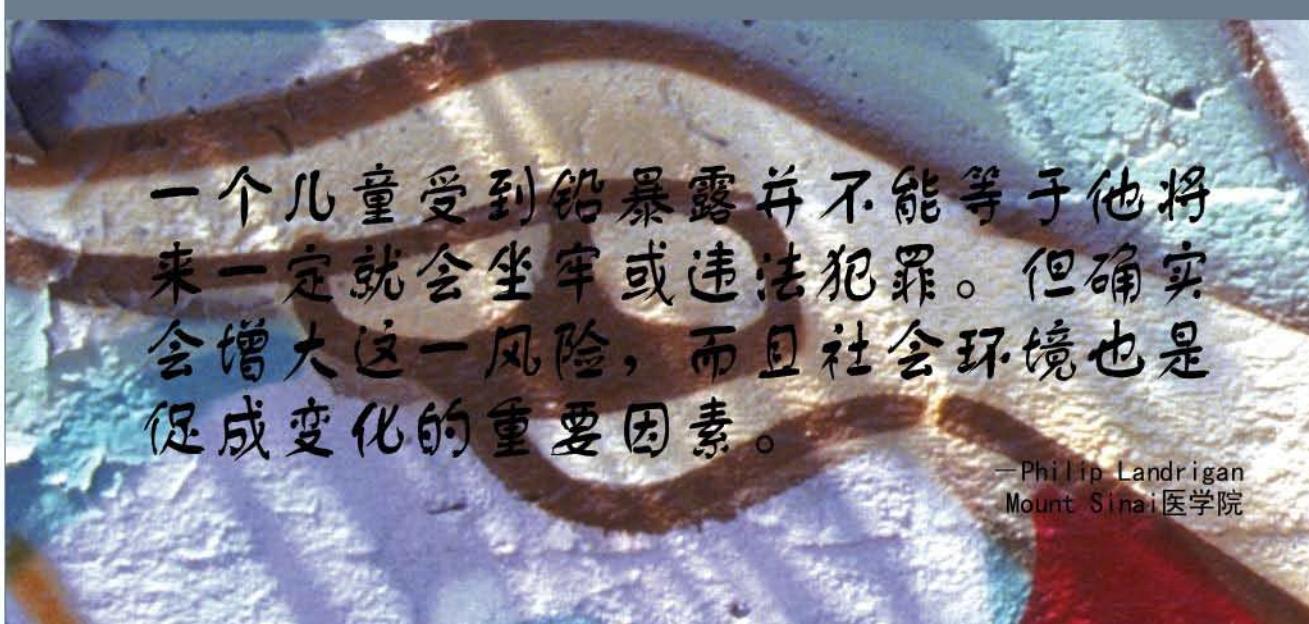
不是一项简单的工作。

此外，有关的环境数据已被整理出来。2001年5月的《儿科学和青少年医学档案》(Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine)上发表的一项研究称发现了空气中铅浓度升高与凶杀案发案率升高相关联。科罗拉多州立大学(College State University in Fort Collins)社会学家Paul Stretesky和南佛洛里达大学(University of South Florida in Tampa)犯罪学家Michael Lynch对1990年美国环保局收集美国3111个县的数据进行分析后发现，在剔除15个干扰因素之后，空气铅浓度最高的县的凶杀犯罪率几乎要比浓度最低的县高出4倍。在环保局公布下一轮2000年的空气数据时，科学家们届时将再次核查上述各县的情况。

“只要还有犯罪存在，将铅从环境的某些部分以及城市某些地区清除掉也许会是很重要”Stretesky说。

“当Needleman开始这方面研究时，我就相信他一定会有所重大发现。”

哈佛大学国家经济研究局的研究员Jessica Wolpaw Reyes预测，《清洁空气法》要求彻底停止使用含铅汽油后，最终将使1993—2013年间的暴力犯罪下降近30%。



一个儿童受到铅暴露并不能等于他将来一定就会坐牢或违法犯罪。但确实会增大这一风险，而且社会环境也是促成变化的重要因素。

—Philip Landrigan  
Mount Sinai医学院

## 生态证据

与此同时，生态学家和社会理论学家也在往火上浇油。最近在对二十世纪的数据进行汇总分析时，研究人员发现汽车尾气、油漆向环境释放的铅的数量与暴力犯罪之间的相关性，包括强奸、抢劫、伤害、以及谋杀。此项研究是由ICF咨询公司(维吉尼亚费尔法克斯一家提供住房和环境健康问题的咨询公司)副总裁Rick Nevin应美国住房及城市发展部合同要求进行的。研究结果发表在2000年5月份出版的《环境研究》(Environmental Research)上。

根据此项研究，1941—1986年期间

Nevin正在进行的对其它工业化国家暴力犯罪和含铅汽油销售量走势的研究以期发现类似的相关性。通过综合分析已有的油漆铅暴露数据也许能对1979—1991年间美国大城市的凶杀犯罪率变化作出一个解释，其间，美国犯罪率达到顶峰。

然而，科研界一致认为，尽管Nevin的工作很令人感兴趣且值得进一步研究，但其科学性不及Dietrich、Needleman等人的病例-对照研究。另外，尽管Nevin试图将从失业至少生育等在内的所有情况都考虑进去，但要跨越几十年对各种全国性、区域性、及地方各层次的多种重要变量进行对照也

她的研究也证实了二十世纪七十年代使用无铅汽油与二十世纪九十年代犯罪数量减少之间显著的相关性。Wolpaw Reyes的预测是建立在对上一个世纪各州犯罪情况和铅暴露数据分析的基础上的。她的研究成果已写入她2002年6月份的哈佛学位论文，正在等待同行评议后发表。

## 预防的成效和代价

尽管铅已经得到了控制，但还有许多工作有待完成。令人悲哀的是，美国仍有数十万儿童在遭受相当高水平的铅暴露。据估计，大约有89万名年龄在1—5岁的儿童的血液铅浓度仍然达到

或超过 $10\text{ }\mu\text{g/dL}$ 。疾病控制和预防中心有望于今年秋天公布新的估测数据。美国黑人孩子对铅的过度暴露是白人孩子的五倍。

“在资源不足的社区，特别是少数族裔和低收入社区，仍然存在一些死角。在那里，铅暴露依然存在，”Walker说。

“这些处于危险之中的人群通常不能形成强大的政治力量，因此，也常常被政策制定者忽略。”

“我们对人群进行的筛查还不够细致，未

能将所有受到铅暴露的儿童都找出来，Schettler说。另外，制止儿童铅中毒联盟这个环保组织的执行董事Don Ryan说：“我们总要等到孩子们的症状被确诊后才采取行动。即使如此，所采取的行动也是漫不经心、缺乏效率，而且，也为时已晚。”

螯合治疗是当前治疗铅中毒的标准方法。这种治疗方法利用了succimer等一类的化学物质，与血液中的铅结合后，使其排出体外。尽管螯合治疗可以除去血液的铅，但是由美国国家环境健康科学研究院(NIEHS)流行病学家Walter Rogan负责的发表在2001年5月10日的《新英格兰医学杂志》(New England Journal of Medicine)上的一项研究表明，认知力的丧失并未恢复的。

在资源不足的社区，特别是少数族裔和低收入社区，仍然存在一些死角。在那里，铅暴露依然存在……这些处于危险之中的人群通常并不能形成强大的政治力量，因此，也常常被政策制定者忽略。

—Bailus Walker  
哈佛大学医学院

我们为铅暴露付出的代价还在不断增加。根据由Landrigan领导的研究小组完成的一项发表在2002年7月份《环境与健康展望》上的研究估计，由铅中毒造成的健康保健费用是非常惊人的：每年高达434亿美元，相当于美国全部医疗保健费用的2.2%。这笔费用包括直接的医疗的花销，和间接的为终生学习能力下降的人提供特殊教育的经费。“这是一件令美国失尽颜面的事情，”Landrigan说。

许多人主张制造含铅油漆的厂家应该承担一定的经济责任，不管这些厂家在当时是否知道这种有害物质的危害程度。“我们作为一个国家应该回答的一个大问题是：含铅油漆制造商在消除铅毒影响中究竟该起什么样的作用？”Ryan说。

今年秋天，罗德岛州高等法院将审理一个由罗德岛州首席检察官Sheildon Whitehouse提起诉讼的一个针对9家含铅油漆制造商以及他们所在行业协会的案子。讼词中称，建筑物中存在的含铅油漆已经构成了公害。此案涉及的损害赔偿金高达数百万美元。其它州和城市也有大量类似案件正在审理之中。近几年，已经有一些被告试图将童年时期铅暴露作为谋杀和其它犯罪的辩护理由。

工业界则称自己只是替罪的羔羊。一位不愿意透露姓名的油漆工业发言人辩称，在生产油漆时，制造商并不了解潜在的危害。在禁用之前，含铅油漆被广泛吹捧成一种比不含铅的竞争品牌更为持久的产品。“对立方企图扭曲事实和法律，让我们承担责任，”罗德岛

州案件被告之一NL实业公司的辩护律师Tim Hardy称。他指出，根据一项由工业界提供资助的研究得出的结果，油漆工业在50年前就停止了在室内油漆中添加铅。然而，儿童保护人士指出，这种说法忽略了铅在外用油漆中继续使用了25年的事实，而且，由于有可能被用于室内及进入户外土壤，外用油漆也构成健康的危害。

许多公共卫生专家提出，用铅工业历来就走极端，压制对自己不利的数据。在二十世纪

住房和城市发展部正在进行的一个项目，只提供了1.15亿美元资金，供彻底清除含铅油漆或至少阻止其进一步剥落，这点钱仅仅能够补救不到0.1%的非常危险的房屋。

—Don Ryan  
制止儿童铅中毒联盟

二十年代，通用汽车公司就对一项关于汽油内加铅的安全性展开的调查施加压力，尽管当时已有证据证明铅的不良作用。儿童保护人士指出，尽管含铅油漆工业知道含铅油漆会对儿童产生严重的神经毒害作用，但几十年来仍一直对抗美国政府对铅的管制。Landrigan特别提到了纽约城市大学Gerald Markowitz和哥伦比亚大学David Rosner两位历史学家撰写的发表在2000年1月份出版的《美国公共卫生杂志》

(*American Journal of Public Health*)

上一篇文章。该文章称：“从二十世纪二十年代开始，用铅工业协会及其成员就发起了一场促销运动来推广含有铅的油漆。”与此同时，二十世纪五十年代，含铅油漆在许多其它国家却遭到禁止，因为其毒性数据已经非常确凿。然而，直到二十世纪九十年代，一些由铅工业提供资助的代表还试图通过散布对Needleman不利的科学丑闻，妄图使人们不相信他的研究成果。科研诚实办公室调查后宣布上述指控不成立，而且整个科学界也证明Needleman是清白的。

禁止铅的使用通常被认为是防止产生新的暴露的最佳策略，但是，要防止含铅油漆剥落或将其彻底清除的成本要超过10000美元/户。联邦政府在减少现存含铅油漆的房屋数量的进展非常缓慢。住房和城市发展部正在进行的一个项目，只提供了1.15亿美元资金，供彻底清除含铅油漆或至少阻止其进一步剥落，这点钱仅仅能够补救不到0.1%的非常危险的房屋。Ryan说，“按照这一速度，我们所需要的时间不是十年，而是一千年。”

按照当前的法律要求，房主如不能提供保护，也有义务提醒租房人当心铅的危害。“清除一套公寓内的铅要花费几千美元，对此业主团体的抱怨也很大，”Landrigan说，“他们将此作为不清除铅的一个藉口。因此，年复一年，孩子们还在受到铅的暴露。我们每年要花费几十亿美元去对付铅造成的损害，仅仅是为了省下房主们的一点小钱。”

且不管这笔账应该由谁付—是通过联邦政府由纳税人支付、抑或由脱不了干系的产业界支付、抑或应该由个人来承担—Schettler认为，有一件事是很明确的，“证据已经足够，我们应该竭尽全力清除周围环境中的铅。”卫生政策专家们称，如果短期铅暴露造成的影响也是永久性的，那么，预防此类暴露的发生才是保护儿童健康的关键。而且许多人现在也已经认识到，预防也许会成为减少未来犯罪的关键。如果能够清除铅污染并完全避免儿童受到铅暴露，包括在出生以前的暴露，那么，未来社会的暴力必定会减少。

—Julie Wakefield

译自 *Environmental Health Perspectives*

110:A574-A580 (2002)



我们总要等到孩子们的症状被确诊后才采取行动。即使如此，所采取的行动也是漫不经心、缺乏效率，而且，也为时已晚。

—Don Ryan  
制止儿童铅中毒联盟